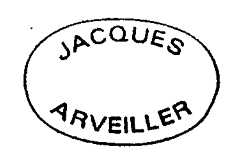
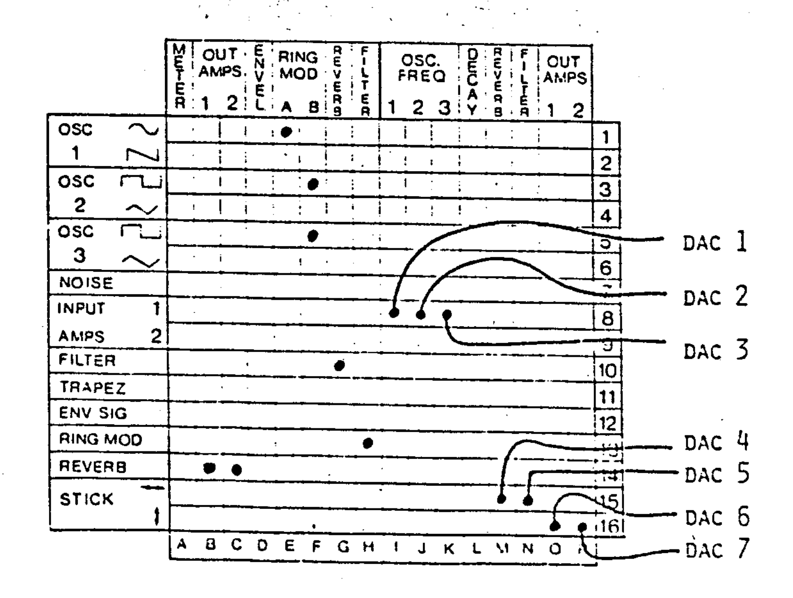


UNIVERSITE DE PARIS 8

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

LE SYSTEME HYBRIDE DE SYNTHESE ACOUSTIQUE



GILBERT DALMASSO

G. A. I. V.

MARS 1978

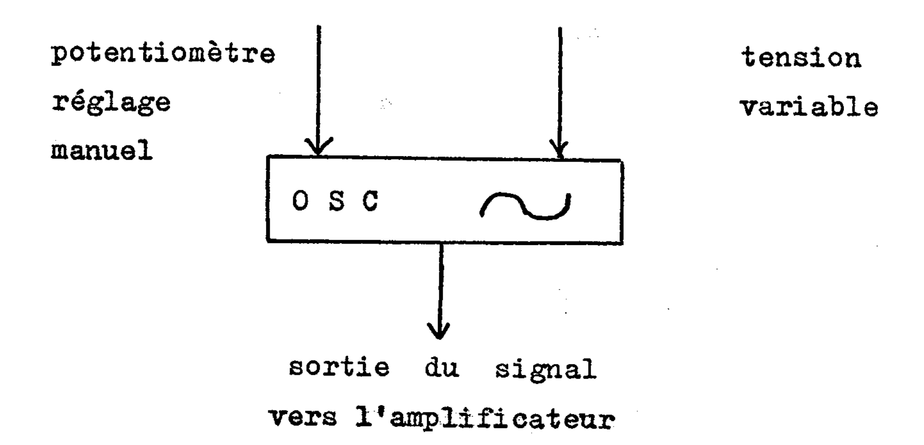
LE SYSTEME HYBRIDE DE SYNTHESE ACOUSTIQUE

1 / Conception et réalisation.

Pour des raisons de philosophie personnelle, nous préférons assumer simultanément les résponsabilités de compositeur, de "luthier" et d'interprète. Nous considérons l'ensemble ordinateur-lutherie electronique comme un seul et même instrument , adapté à l'exécution musicale en direct. L'ordinateur génère des valeurs numériques, converties en tension qui vont piloter les modules électroniques du synthétiseur. Cette technique porte le nom de contrôle par voltage ou commande en tension.

Voici une illustration de son fonctionnement:

soit un oscillateur générant des sons sinusoïdaux. La commande de sa fréquence est réalisée à la main grâce à un potentiomètre. Si nous supprimons l'usage de ce potentiomètre et le remplaçons par un courant électrique de basse fréquence et variable nous obtenons un oscillateur commandé par tension, "VCO":

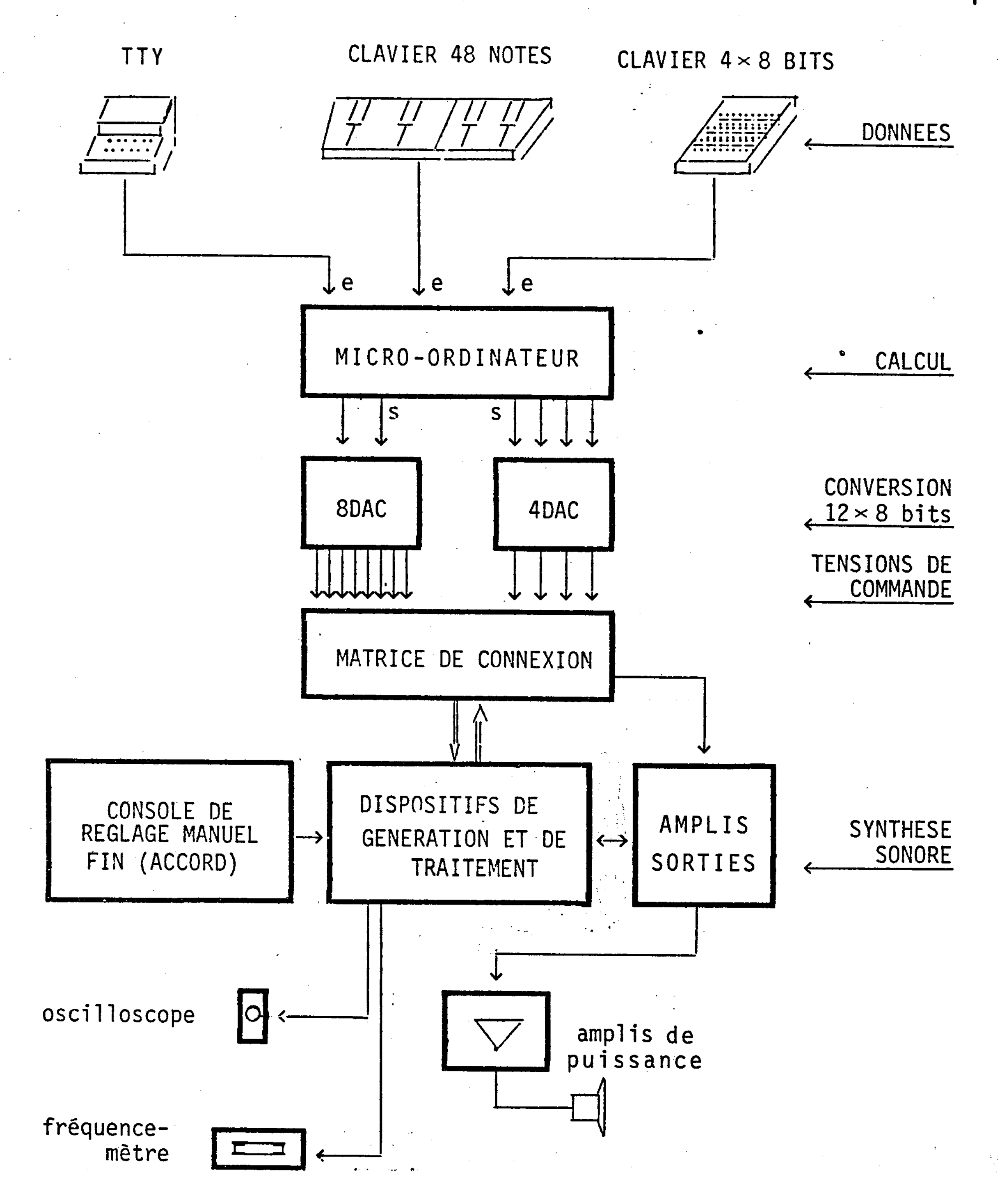


Gardons l'exemple et considérons l'amplificateur de sortie de ce même générateur;remplaçons le potentiomètre de commande du niveau de sortie par une tension variable du même type que la précédante, nous obtenons le mode de fonctionnement de commande en tension de l'amplificateur, "VCA".

Sur le système, les tensions sont obtenues par l'intermédiaire de convertisseurs. L'utilisation de l'ordinateur consiste à commander les générateurs grâce à un programme de gestion d'une série de tension variables.Ainsi, on imagine aisément la richesse de variations et d'amplitudes à créer.
Pour résumer, le procédé de synthèse hybride consiste à contrôler des modules analogiques (synthétiseur) grâce à un dispositif digital (calculateur). Comme nous le verrons dans certains programmes la synthèse par ordinateur subit les limites technologiques de ce dernier, en particulier la vitesse de calcul et le volume de l'emplacement mémoire. Contrairement au système de synthèse digitale où l'ordinateur ne délivre son résultat que plusieurs heures après avoir effectué les calculs, l'utilisation du système hybride est plus souple pour une option compositionnelle spécifique. En effet, les calculs suivis de leurs résultats, ont lieu en temps réel: la situation de préméditation improvisationnelle est préservée.

2 / Description physique du système du Laboratoire .

2.1 Schéma descriptif:


TTY
CLAVIER 48 NOTES
CLAVIER 4×8 BITS
DONNEES
e
e
e
MICRO-ORDINATEUR
CALCUL
s
s
8DAC
4DAC
CONVERSION
12×8 bits
TENSIONS DE
COMMANDE
MATRICE DE CONNEXION
CONSOLE DE
REGLAGE MANUEL
FIN (ACCORD)
DISPOSITIFS DE
GENERATION ET DE
TRAITEMENT
AMPLIS
SORTIES
SYNTHESE
SONORE
oscilloscope
amplis de
puissance
fréquence-
mètre

2.2 Caractéristiques du système:

Le musicien, face à l'instrument, opère sur:

- la télétype
- le clavier de 4 X 8 bits
- le clavier piano de 48 notes
- le micro-ordinateur
- les convertisseurs numériques-analogiques
- les synthétiseurs
- les amplificateurs de puissance.

Toutes les parties de l'instrument sont directement accessibles.
Les périphériques d'entrée sont:

la télétype, elle assure la liaison entre l'opérateur et le calculateur. Elle code les caractères frappés sur son clavier en train d'impulsions électriques compréhensibles par l'ordinateur.

le clavier de 4 X 8 bits, deuxième organe de liaison, ses clés permettent d'intervenir en temps réel pendant l'exécution du programme en injectant des valeurs variables dans les registres de l'ordinateur.

le clavier de piano 48 notes, il délivre des tensions convertibles en nombres binaires admissibles par le calculateur. Un éventuel pianiste peut dialoguer avec le système grâce à un programme à concevoir dans ce but.

2.3 Le dispositif numérique:

le calculateur et le logiciel.

Le critère de choix d'un micro-ordinateur est de permettre la portabilité du système. Il est nécessaire de pouvoir le déplacer lors des concerts et conférences du G.A.I.V.

Le micro-ordinateur se révèle comme une machine capable de communiquer avec l'extérieur et de prendre des décisions en temps réel. Un tel dispositif est nécessairement spécialisé et le temps réel ouvre une nouvelle voie de recherche en création musicale.

Les caractéristiques de différenciation des micro-ordinateurs sont

la puissance des relations extérieures et de décisions,

le nombre et le type de leurs périphériques,

la puissance de leur logiciel.

On dispose du langage conversationnel INTELGREU, élaboré par Patrick GREUSSAY à l'attention spéciale des musiciens. Les programmes décrits et présentés sont écrits dans ce langage (Version 2-1976)

Le calculateur sur lequel est implanté INTELGREU est un appareil INTEL 8008. Sa capacité est de 8K de RAM et de 4K de PROM. Il comporte 32 périphériques (8 d'entrée et 24 de sortie) commutables par programme.

2.4 L'interface:

les convertisseurs,

le 4-DAC,

le 8-DAC.

Caractéristiques, fonctionnement et programmation.

Le convertisseur numérique-analogique (DAC) est un composant qui reçoit une information binaire sur son entrée et délivre en sortie un signal continu:



L'ordinateur ne communique avec l'extérieur qu'avec des informations binaires: des ZERO et des UN. Le convertisseur effectue la conversion, délivre une tension variable. Le synthétiseur fonctionne sur le mode analogique: il ne connait que des variations de voltage.

Le 4-DAC:

quatre convertisseurs disposés dans un boîtier métallique permettent l'obtention d'intervalles à tempérament égal. Ils sont adressables grâce aux instructions suivantes:

	code
OUT C	59
OUT D	5B
OUT E	5D
OUT F	5F

Le 8-DAC:

un deuxième boîtier contient 8 convertisseurs programmables. Voici les réglages manuels pour l'obtention du tempérament égal. Nous les avons cernés par approximation après recherche auditive de la gamme majeure.

TABLEAU DE L'ACCORD TEMPERE 8-DAC

convertisseur	80	40	20	10	08	04	02	01
initialisation	5	4,8	5,5	4,5	3	1,8	5,8	4

Note:

les DAC 02 et 01 ont une progression algorithmique et ne sont pas utilisables pour le tempérament égal, leurs valeurs sont approchées (02), maximales(01).

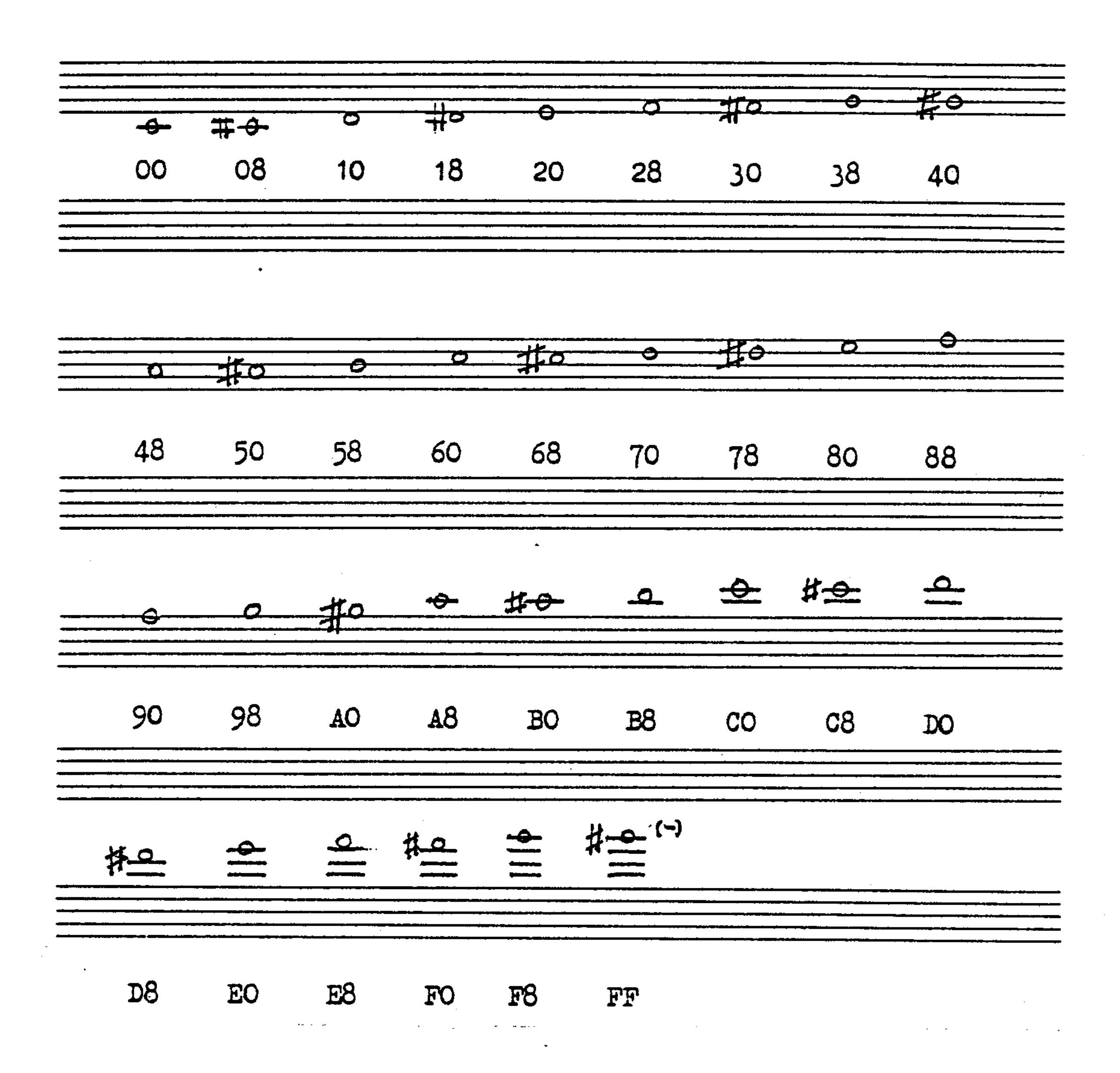


Tableau des correspondances entre les codes héxadécimaux et les notes suivant l'accord tempéré sur le 4-DAC.

A partir du tableau çi-dessus on peut choisir des valeurs intermédiaires pour générer des sons espacés par des micro-intervalles La précision optimale est obtenue avec le 4-DAC.

Pour composer un chant polyphonique, il est possible d'utiliser les 4-DAC et 8-DAC simultanément. On totalise ainsi douze voix contrôlables par programme. Pour écrire les codes des notes en table faire:

• Sadresse ⌐ nbre - code ⌐ nbre - code

Les convertisseurs peuvent aussi être accordés différemment pour obtenir des intervalles

inférieurs au tempérament égal
supérieurs au tempérament égal.

<u>Programmation des 8 convertisseurs:</u>

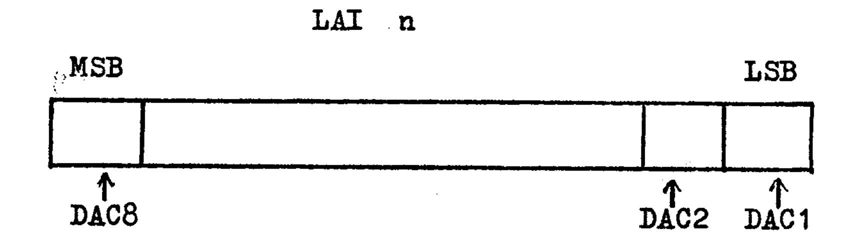
DAC	MASQUE	CODE
8	10000000	80
7	01000000	40
6	00100000	20
5	00010000	10
4	00001000	08
3	00000100	04
2	00000010	02
1	00000001	01

Le 8-DAC se compose de 8 éléments identiques adressables à l'aide de la voie 09:

instruction   OUT 09   code 53

le contenu du mot est chargé par l'instruction:

LAI n

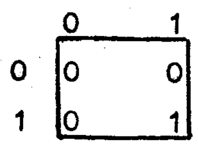


Donc,

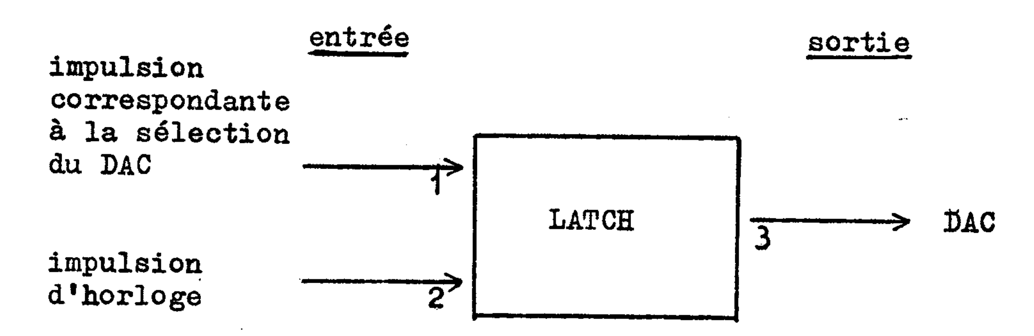
LAI 81   sélection des DAC 8 et 1
OUT 09   envoi de la sélection.

Le vérrouillage:

chaque DAC est précédé d'un "registre latch" de 8 bits dont le rôle est de conserver l'information délivrée par l'instruction de sortie sur la voie OB. Le registre a 2 états de fonctionnement commandés par l'entrée d'horloge. Lorsque l'horloge est à 1, le latch est transparent. Une valeur affectée à l'entrée se retrouve présente à la sortie (au temps de transit près). Le registre fonctionne sur le mode de la fonction logique ET :



Si la valeur affectée à l'entrée est égale à zéro, le registre cesse d'être transparent et conserve en sortie l'image binaire courante.



Donc,

si 1=1 et si 2=1

alors 3=1

sinon si 1=0 et si 2=1,

alors 3= la valeur précédente.

Ainsi la valeur provoquant le verrouillage est 00, chargée dans le registre accumulateur A et envoyée vers la sortie 09.

Procédure de sortie:

quant à l'information à envoyer sur le ou les convertisseurs sélectionnés, elle est affectée à l'aide de l'instruction OUT OB.

Instructions		Codes	
LAB		C1	
OUT	OB	57	
LAI	81	06	81
OUT	09	53	
LAI	00	06	00
OUT	09	53	

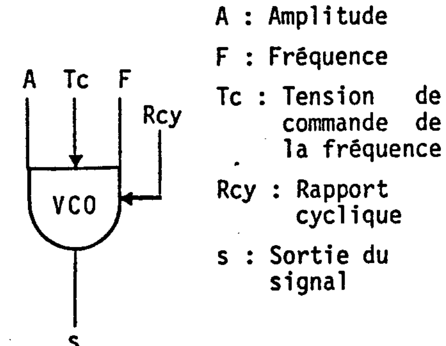
2.5 Le dispositif analogique:

les synthétiseurs.

Nous ne décrirons pas ici ces instruments assez répandus; précisons que le choix du Laboratoire s'est porté sur les modèles EMS (VCS3 et SYNTHI A) du fait qu'ils possèdent une matrice de connexions propice à notre projet: les sorties des convertisseurs sont en effet connectés à cette matrice afin de commander les modules choisis sur le synthétiseur, oscillateurs (VCO), filtres (VCF), amplificateurs à gain variable commandés en tension (VCA). La matrice permet de connecter l'ensemble des dispositifs-sources et des dispositifs-traitements et les sorties des convertisseurs. La procédure de connexion est simple:

la matrice contient des lignes correspondant aux modules sources et traitements, et des colonnes correspondant pour une part, à la destination des signaux sources et d'autre part, au contrôle par tension de ces signaux sources.

Suit le schéma descriptif des modules inclus dans le synthétiseur modèle EMS.



Oscillateur (VCO)

A Tc e

VCA

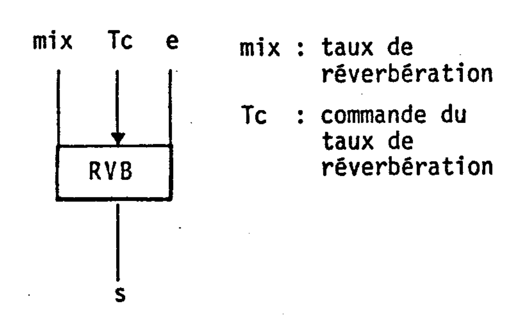
s

e : entrée du signal

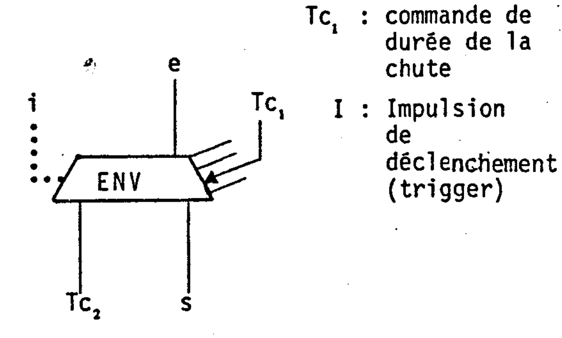
A : Amplitude centrale

Tc : commande du gain

Amplificateur (VCA)



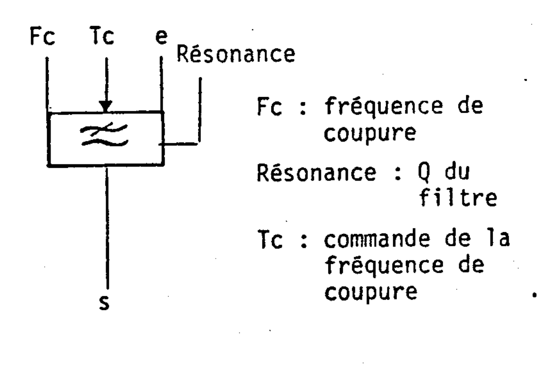
Réverbération



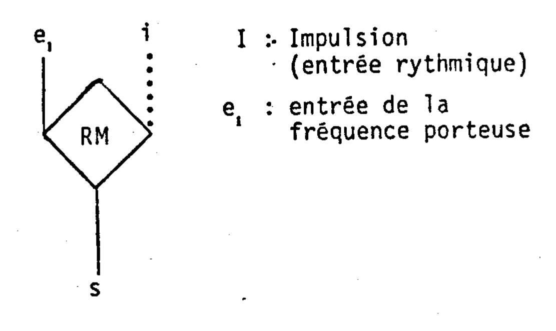
Tc_1 : commande de durée de la chute

I : Impulsion de déclenchement (trigger)

Modulateur d'enveloppe



Filtre passe-bas (VCF)



Modulateur en anneau

Schéma descriptif des modules du synthétiseur

Les paramètres contrôlables par l'ordinateur sont indiqués par les caractères Tc (tension de commande).

Considérons à titre de premier exemple, une configuration du système, dont le projet est de simuler un jeu de percussions. Nous savons que la matrice permet d'avoir accès aux amplificateurs de sortie du synthétiseur. Puisque l'on peut ainsi obtenir le silence, il est intéressant de construire un programme de gestion de rythmes. Le réglage des modules étant mis au point pour la simulation des sonorités de percussion, attaques sur des peaux et bois de hauteur variable, reste à commander l'ouverture et la fermeture des amplificateurs de sorties par deux convertisseurs.
Dans le programme suivant les procédures de gestion des rythmes sont appellées :P et :R.

Instructions		Codes	
CAL	:P	46	1DAD
LAD		C3	
OUT	OB	57	
LAI	40	06	40
OUT	09	53	
CAL	:R	46	1E5F
LAL		C6	
OUT	OB	57	
LAI	20	06	20
OUT	09	53	
LAI	00	06	00
OUT	09	53	

Reste à générer des valeurs pour les trois modules sources suivants: les oscillateurs 1, 2 et 3, et pour le filtre et la réverbération, recevant les signaux sonores définitifs. Suivent les schémas des branchements de contrôle du dispositif analogique par l'ordinateur via les convertisseurs.

Figure 1: branchements sur la matrice des convertisseurs.

Figure 2: représentation des branchements des modules.

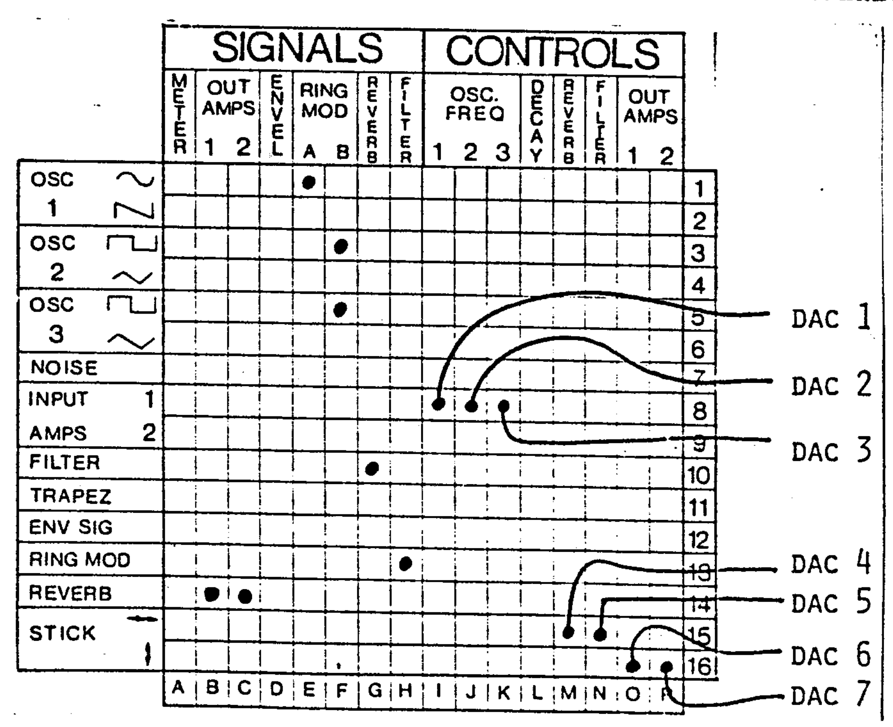


Figure 1

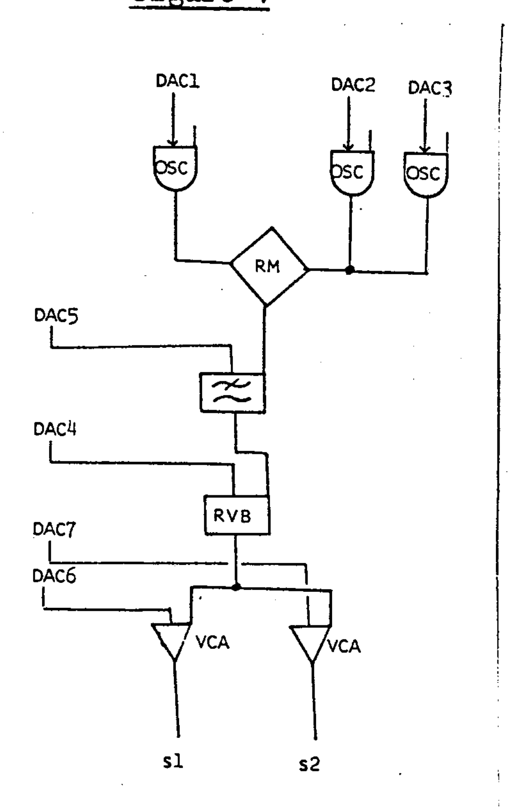


Figure 2

2.6 Le jeu improvisé sur le synthétiseur:

le but que nous poursuivons étant l'étude du dialogue homme-machine sur le système de synthèse, il est nécessaire d'introduire une étude succinte de la situation improvisationnelle naissant de la rencontre du musicien avec le dispositif analogique. Dressons la liste des niveaux d'intervention en direct sur le synthétiseur.

Sur les modules commandés en tension par l'ordinateur:

modifier l'initialisation d'un élément source (oscillateurs);
modifier le réglage des modules de traitement du son: le ring-modulateur, la réverbération, l'enveloppe;
décider ou non du contrôle de l'intensité des amplificateurs de sortie 1 et 2. Le potentiomètre doit être mis à 0 pour obtenir l'effet de la commande en tension.

Sur les modules non commandés en tension par l'ordinateur:

agir sur l'intensité des éléments sources;
agir sur la forme des signaux: sinusoïdes, carrées, dents de scie;
agir sur la bande passante du filtre actif (commande de ré-injection);
agir sur les composantes de la forme de l'enveloppe (générateur d'enveloppe).

Considérons à nouveau l'exemple du §2.5 et appliquons les procédures de jeu ci-dessus.
Le jeu manuel consiste à manipuler les modules du dispositif en temps réel , donc dans une situation d'improvisation en soliste.

Etude et variation libre:
réglages et branchements
de base sur Synthi VCS3.

C
S

FILTER/OSC
5 à 8
0 à 6
7

RING MOD
7

Connections externes:
7 convertisseurs
digitaux-analogues.

OSCILLATOR 1
6.5
5
7
0

ENVELOPE SHAPER
10
8
7
6
5
7

OSCILLATOR 2
6.5
5
7
0

External Patch:

SIGNALS
I out
meter
2out
envelope
r.m. A B
reverb
filter

CONTROLS
osc freq 1 2 3
decay
reverb
filter
out lev I 2

REVERBERATION
3 à 5
7

OSCILLATOR 3
8
5
7
0

out chan 1 2
osc 1
osc 2
osc 3
noise
inputs 1 2
filter
trapezoid
env signal
ring mod
reverb
stick ↔ ↕

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

A B C D E F G H I J K L M N O P

D A C 1
D A C 2
D A C 3
D A C 4
D A C 5
D A C 6
D A C 7

NOISE GENERATOR

OUTPUT FILTER

CHANNEL 1 - - OUTPUT - - CHANNEL 2
0
.
.
4

Jeu manuel sur l'amplitude des oscillateurs:

nous obtenons trois résultats spécifiques.

01 (. . 7 .) ⟶ RING (A)

1 - 02 (. . 7 .) ⟶ RING (B)
03 (. . 7 .) ⟶ RING (B)

2 - 02 (. . 7 .) ⟶ RING (B)
03 (. . 0 .) ⟶ RING (B)

3 - 02 (. . 0 .) ⟶ RING (B)
03 (. . 7 .) ⟶ RING (B)

Jeu manuel sur le FILTRE:

sur la fréquence et sur l'amplification de la bande passante

FILT (5 ↔ 8 0 ↔ 6 7)

Jeu manuel sur la réverbération: intensité du "mixage"

REVB (3 ↔ 5 7)

Jeu manuel sur l'amplification: réduction ou accentuation des attaques

OUT1
OUT2 (0 ↔ 4)

Reste un jeu manuel possible:
soit le branchement suivant

(FILT) → (ENVELOPPE(10 10 7 6 . 7))
→ (SORTIE 2)

il faut supprimer (REVB) → (SORTIE 2), le trapézoïd reste libre, il sert à un contrôle de fréquence ou d'intensité.

Remarque:pour certains musiciens, le synthétiseur est un instrument de studio, aux multiples possibilités pour les réalisations d'oeuvres électro-acoustique sur bandes.

Pour d'autres, il est un instrument "artificiel", limité par la technologie. Reste qu'il possède des qualités de jeu à deux niveaux:

jeu manuel direct, comme sur un orgue sans pré-sélection, génération de la forme de l'onde, timbre, enveloppe, avec ou sans clavier,

jeu manuel indirect, grâce à la technique de la commande en tension, existent des procédures automatiques, qui une fois déclenchées, ne nécessitent aucune intervention mais qui restent fort délicates à manipuler.

Assisté par l'ordinateur, le musicien a révélé la richesse de la palette sonore du synthétiseur. La liaison synthétiseur-ordinateur est une étape décisive pour la recherche en synthèse acoustique. Reste que le système est un dispositif électro-logique qui propose un plan général de configurations propres à un certain type de discours improvisés dont les procédures dynamiques restent encore à inventer.

ooooooo